



# DISPOSITIVOS Y CIRCUITOS ELECTRÓNICOS (grupo: 10)

## Serie 2

Francisco Pablo RODRIGO

13 de marzo de 2019

## Índice

<b>1. Ejercicios aplicaciones del diodo</b>	<b>2</b>
1.1. Ejercicio 1 . . . . .	2
1.2. Ejercicio 2 . . . . .	3
1.3. Ejercicio 3 . . . . .	4
1.4. Ejercicio 4 . . . . .	4
<b>2. Ejercicios de modelo a pequeña señal</b>	<b>5</b>
2.1. Ejercicio 1 . . . . .	5
2.2. Ejercicio 2 . . . . .	7
2.3. Ejercicio 3 . . . . .	8
<b>3. Ejercicios de gran señal</b>	<b>9</b>
3.1. Ejercicio 1 . . . . .	9
3.2. Ejercicio 2 . . . . .	9
3.3. Ejercicio 3 . . . . .	10
3.4. Ejercicio 4 . . . . .	10
3.5. Ejercicio 5 . . . . .	11
<b>4. Ejercicios de especificaciones del fabricante</b>	<b>11</b>
4.1. Ejercicio 1 . . . . .	11
4.2. Ejercicio 2 . . . . .	11
4.3. Ejercicio 3 . . . . .	11
4.4. Ejercicio 4 . . . . .	11
<b>5. Ejercicios con uso de computadora</b>	<b>11</b>
5.1. Ejercicio 1 . . . . .	11
5.2. Ejercicio 2 . . . . .	12

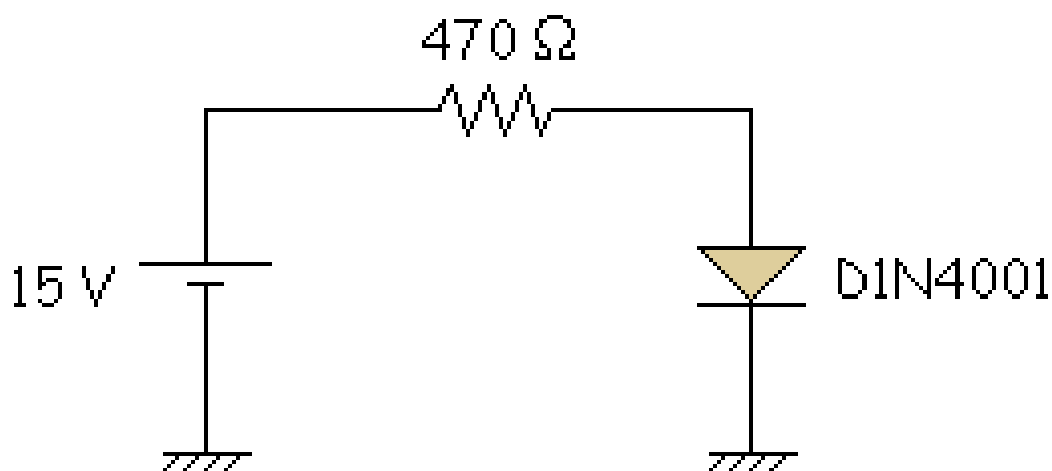
# 1. Ejercicios aplicaciones del diodo

## 1.1. Ejercicio 1

Calcular la corriente, la tensión y la potencia en la carga, así como la potencia del diodo y la potencia total para el circuito de la figura. Hacerlo considerando al diodo como :

A Diodo ideal

B Diodo de silicio



a) El diodo es ideal por lo que podemos tomar el diodo como un circuito corto, entonces

$$15V = 470\Omega * I \rightarrow I = 32mA$$

$$P_D = 0W$$

$$V_c = 470\Omega * 32mA = 15V$$

$$P_c = 15V * 32mA = 480mW$$

$$P_T = 15V * 32mA = 480mW$$

b) El diodo aquí es de 0.7 V

$$15V = 470\Omega * I + 0,7V \rightarrow I = 32mA$$

$$P_D = 0,7V * 32,42mA = 21,3mA$$

$$V_c = 470\Omega * 30,42mA = 14,3V$$

$$P_c = 14,3V * 30,42mA = 435mW$$

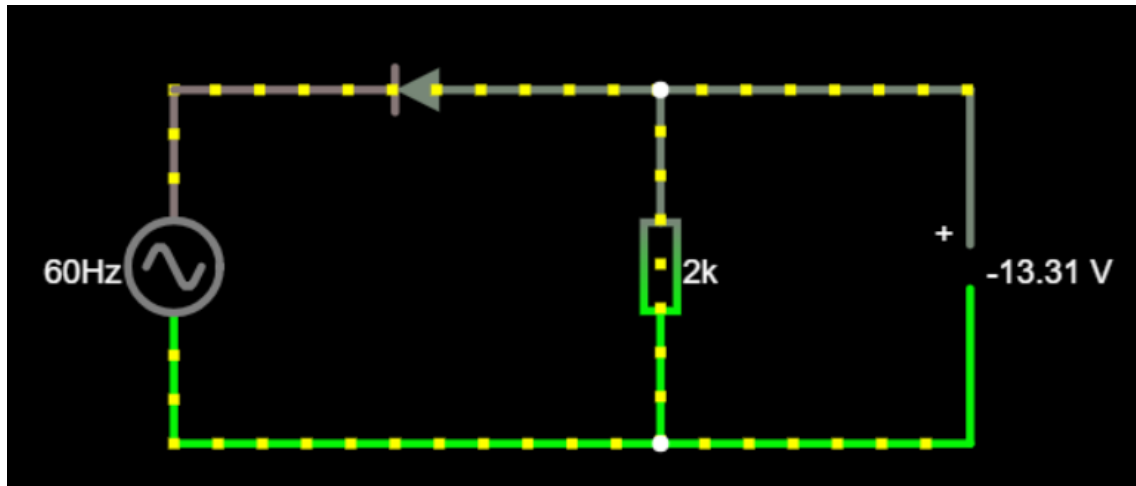
$$P_T = 15V * 30,42mA = 456,3mW$$

## 1.2. Ejercicio 2

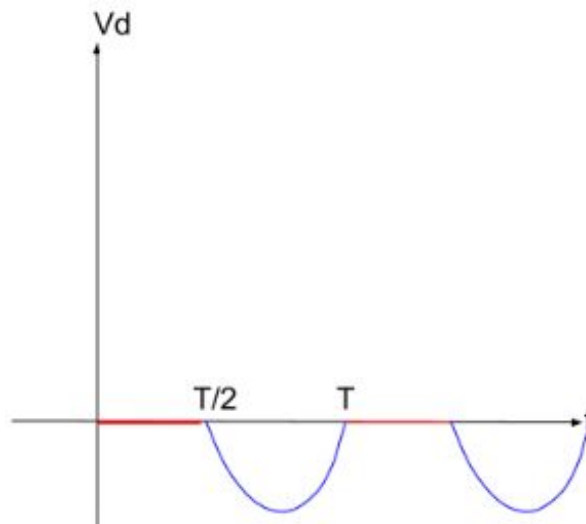
Para el siguiente circuito:

A Dibuja la señal de salida de  $V_o$

B Calcular  $I_L$



Para el inciso a)

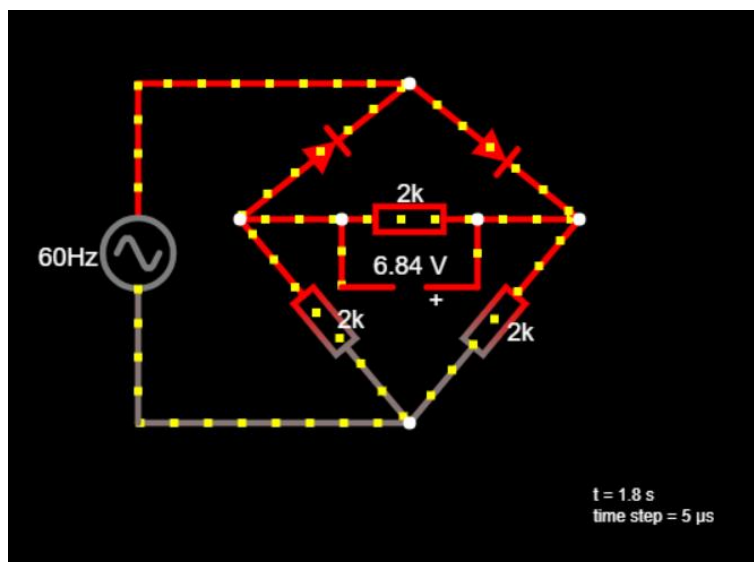


Para el inciso b)

$$\begin{aligned} V_p &= (\sqrt{2})(RMS) = 28,28 \\ V_o &= -\frac{V_p}{\pi} = \frac{-28,28}{\pi} = -9V \\ I_l &= \frac{V_{CD}}{R} = \frac{-9V}{2\Omega} = -4,5mA \end{aligned}$$

### 1.3. Ejercicio 3

Para el siguiente circuito determinar la onda de salida  $v_0$  que circula por la resistencia central, tome en cuenta que el circuito es un rectificador de onda completa. El voltaje de entrada es de 14.4 Vp, los diodos son de silicio, el voltímetro o  $v_0$  está conectado en serie a la resistencia del centro del circuito. Respuesta: El voltaje de salida es 6.85 Vp tanto en el semiciclo positivo con el el negativo



El voltaje de entrada es 14.4 V y se le debe restar 0.7 V por el diodo y lo que tenemos es 13.7 V y mediante divisor de voltaje se puede resolver utilizando la fórmula

$$V_x = V_T \left( \frac{R_x}{R_T} \right)$$

$V_x$  = Punto propuesto para divisor de voltaje

$V_T$  = Voltaje total (13.7 V)

$R_x$  = Resistencia para el cual se le aplicó el divisor (2 K  $\Omega$ )

$R_T$  = Valor de la resistencia del análisis (4K  $\Omega$ )

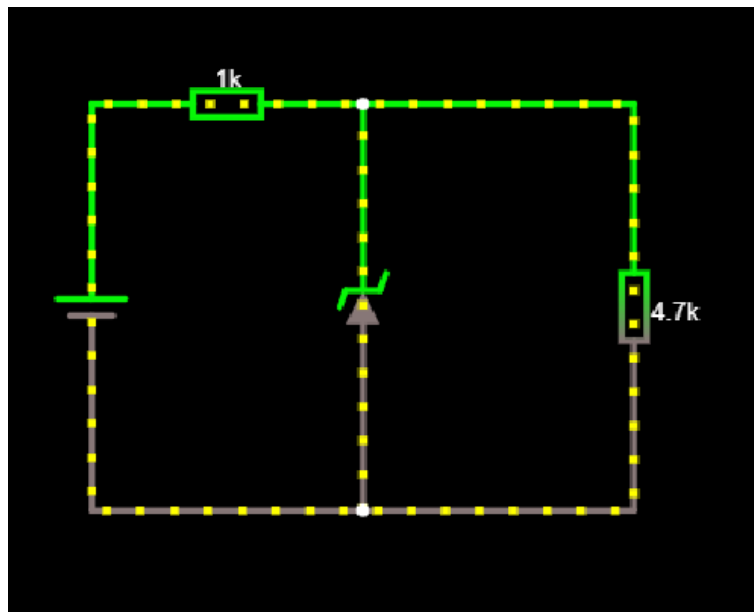
$$V_o = (13,7V)(2k\Omega/4k\Omega) = 6,85$$

Como es un circuito rectificador de onda completa se sabe que el semiciclo negativo es igual al positivo con 6.85 V

$$V_o = (-13,7V)(2k\Omega/4k\Omega) = -6,85$$

### 1.4. Ejercicio 4

Calcular la corriente que circula a través del diodo zener para la siguiente configuración del circuito así como su potencia y concluir respecto a esta, si el diodo zener no está activo cambiar la configuración para que este quede activo.



Es necesario utilizar la medición de Thevenin para ver si está activo el diodo.

$$V_{TH} = V_i(R_L/R_S R_L) = 22(4,7k\Omega/5,7k\Omega) = 18,14V$$

Con leyes de Kirchhof

$$I_s = V_i - V_z / R_s = 22 - 10 / 1000 = 12 \text{ mA}$$

$$I_L = V_L / R_L = V_z / R_L = 10V / 4700\Omega = 2.1276 \text{ mA}$$

$$I_z = I_s - I_L$$

$$I_z = 12 \text{ mA} - 2.1276 \text{ mA} = 9.8724 \text{ mA}$$

Ahora para obtener  $P_z$

$$P_z = I_z * V_z = (9.8724 \text{ mA})(10 \text{ V}) = 98.724 \text{ mW}$$

nota: La potencia es mayor que lo que aguanta el diodo Zener.

## 2. Ejercicios de modelo a pequeña señal

### 2.1. Ejercicio 1

Ejercicio 1: Para un diodo que conduce 2[mA] a una caída de voltaje en sentido directo de 0.3[V] (diodo de Germanio), encuentre la ecuación de la tangente de la recta  $I_D = 2[\text{mA}]$ . Considera una temperatura ambiente de 20°C

$$\text{Respuesta } i_d = 0.079101(v_d - 0.27472)$$

$$i_d = 1 / r_d (V_d - V_{DO})$$

$$r_d = nV_r / I_D = 12.635625 \, \Omega$$

$$1 / r_d = 0.079101$$



$$m = 1 / r_d = y_2 - y_1 / x_2 - x_1$$

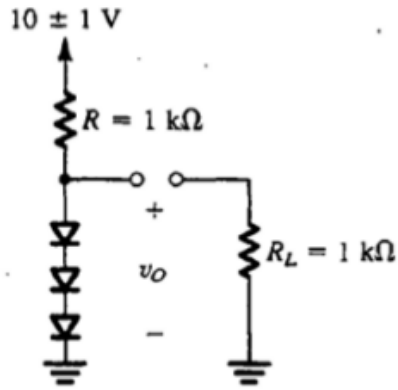
$$0.079101 = 2 \times 10^3 - 0 / 0.3 - V_{DO}$$

$$V_{DO} = 0.27472$$

$$i_d = 0.079101 (V_d - 0.27472)$$

## 2.2. Ejercicio 2

Ejercicio 2: Considere el circuito que se muestra. Obtener la resistencia incremental total, y el voltaje de señal del diodo  $v_d$ . Con  $n=2$  a una temperatura de  $290^\circ\text{[K]}$ ,  $i_s=1\text{mA}$



Respuesta:  $r=18.9[\Omega]$ ,  $v_O=37.1[\text{mV}]$

Sin carga, el valor nominal de la corriente sería

$$I = 10 - 2.1 / 1 = 7.9 \text{ mA}$$

por lo tanto

$$r_d = nV_T / I$$

n es 2

$$r_d = 2 \times 25 / 7.9 = 6.3 \Omega$$

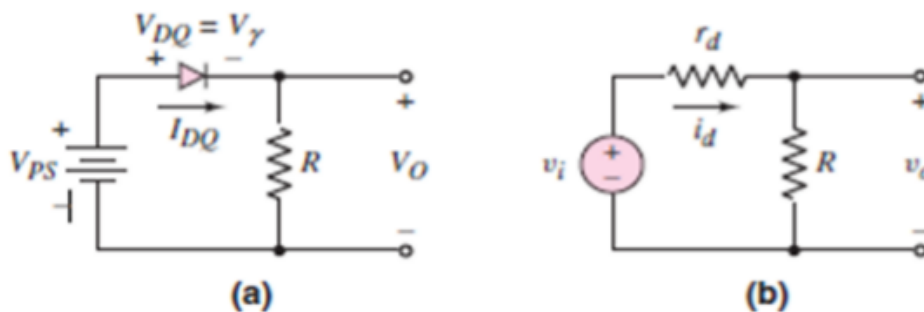
$$r = 3 \times r_d = 18.9 \Omega$$

r con la resistencia R forma un divisor de voltaje y el cambio pico a pico en voltaje de salida será

$$\Delta v_O = 2 \times r / (r + R) = 2 \times (0.0189) / (0.0189 + 1) = 37.1 \text{ mV}$$

## 2.3. Ejercicio 3

Ejercicio 3: Considere el circuito que se muestra. Considere  $V_{PS}=5[V]$ ,  $R=5[k\Omega]$ ,  $V_{DQ}=0.6[V]$  y  $v_i=0.1 \sin(wt)[V]$ . Encontrar el voltaje de salida en CD y el voltaje de salida en CA.



Respuesta:  $V_O=4.4[V]$ ,  $v_o=0.0995\sin(wt)[V]$ .

Tenemos que hacer el análisis de corriente directa y corriente alterna

Para el análisis de corriente directa se tiene  $v_i = 0$

$$I_{DQ} = V_{PS} - V_Y / R = 5 - 0.6 / 5 = 0.88 \text{ mA}$$

El valor de salida del circuito es

$$V_o = I_{DQ} * R = (0.88 \text{ mA})(5 \Omega) = 4.4 \text{ V}$$

Para el análisis de corriente alterna se tiene  $V_{PS} = 0$  y utilizando Kirchhoff

$$v_i = i_d * r_d + i_d * R = i_d (r_d + R)$$

$$r_d = V_T / I_{DQ} = 0.026 \text{ V} / 0.88 \text{ mA} = 0.0295 \text{ K } \Omega$$

$$i_d = v_i / (r_d + R) = 0.1 \sin(wt) / (0.0295 + 5) = 19.9 \sin(wt) \mu A$$

La salida es de...

$$v_o = i_d * R = 0.0995 \sin(wt) \text{ V}$$



### 3. Ejercicios de gran señal

#### 3.1. Ejercicio 1

1. Se desea diseñar el circuito de polarización de un diodo emisor de luz (LED) de arseniuro de galio (GaAs) conforme a la figura 1. La característica I-V del LED se representa en la figura 2, en la que también se ha dibujado la recta de carga del circuito. Calcule:

- La tensión de polarización del LED,  $V_L$  e  $I$  en el punto de polarización.
- Los valores de la resistencia  $R$  y de la fuente de tensión  $V_{CC}$ .

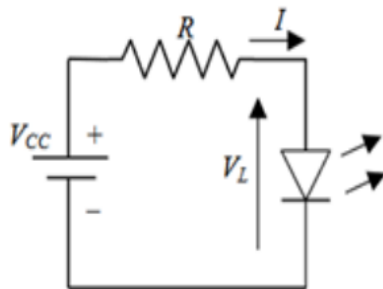


Figura 1

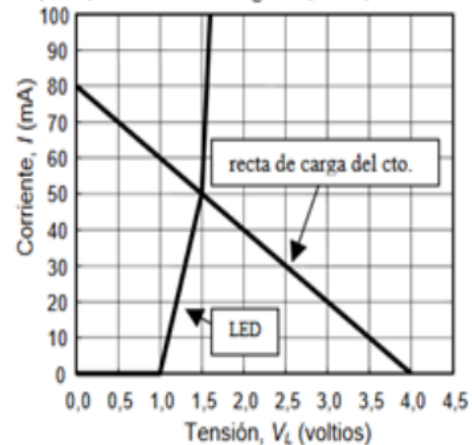
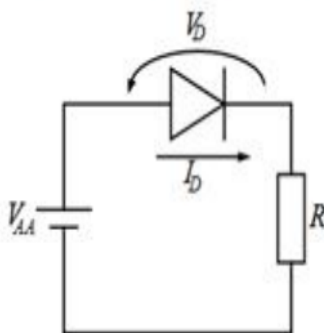


Figura 2

- La intersección de la recta de carga y la característica del LED dan el punto de trabajo cuyos valores son  $I_D = 50 \text{ mA}$  y  $V_L = 1.5 \text{ V}$
- La intersección de la recta de carga con el eje de tensión y da  $V_{CC} = 4 \text{ V}$  y con el eje de corriente da  $V_{CC} / R = 80 \text{ mA}$  y daría  $R = 50 \Omega$

#### 3.2. Ejercicio 2

2. La característica en directa del diodo en el circuito de la figura se rige por la ecuación de Shockley (es decir se trata de un diodo ideal, con  $n=1$ ). La corriente de saturación es  $I_0 = 2 \times 10^{-12} \text{ A}$  a la temperatura ambiente de  $T_a = 290 \text{ °K}$  ( $kT_a = 0.025 \text{ eV}$ ) y se duplica cada  $4.83 \text{ °C}$  de incremento de la temperatura. Los otros elementos del circuito,  $R = 1 \text{ k}\Omega$  y  $V_{AA} = 4.5 \text{ V}$ , son independientes de la temperatura.



- Suponiendo  $V_D \sim 0.5 \text{ V}$ , en el circuito, obtener la corriente  $I_D$ .
- Obtener, ahora, un valor más preciso de  $V_D$  para la temperatura  $T_a$ .
- ¿Cuál es la potencia disipada en el diodo?
- Si la temperatura de funcionamiento aumenta en  $14.5 \text{ °C}$  por encima de la ambiente, deducir cuál será la variación  $\Delta V_D$  en magnitud y signo.

$$a) I_D = (V_{AA} - V_D) / R = 4 \text{ mA}$$

$$b) I_D = I_0(e^{(eV_D/kT_0)} - 1) \Rightarrow V_D = (kT_0 / e) \ln(1 + (I_D / I_0)) = 535.4 \text{ mV}$$

$$c) P_D = I_D V_D = (4 \text{ mA})(535 \text{ mV}) = 2.14 \text{ mW}$$

$$d) kT = kT_0 (T/T_0) = 26.25 \text{ meV}; I_0 = I_0 * 2^{(T/4.83)} = 1.6 \times 10^{-11} \text{ A}$$

$$\text{La corriente cambiara luego } V_D = kT / e * \ln(1 + (I_D / I_0)) = 507.6 \text{ mV}$$

$$\Rightarrow \Delta V \Rightarrow V_D - V_D = -27.8 \text{ mV}$$

### 3.3. Ejercicio 3

3. En el circuito de la figura 1 los diodos de GaAs D1, D2 y D3 son iguales y sus características I-V pueden aproximarse por el modelo lineal por tramos de la figura 2. El conmutador puede estar en una de las dos posiciones señaladas como A y B. Determine:

- La corriente  $I_D$  que atraviesa los diodos con el conmutador en la posición A
- La corriente  $I_D$  que atraviesa los diodos con el conmutador en B si  $R_F = 0 \Omega$
- La corriente  $I_D$  que atraviesa los diodos con el conmutador en B si  $R_F = 10 \Omega$

Suponga siempre estado estacionario.

DATOS:  $V_{CC} = 10 \text{ V}$ ;  $I_P = 5 \text{ mA}$ ;  $R_1 = 3 \text{ k}\Omega$ ;  $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$ ;  $V_T = 1 \text{ V}$ .

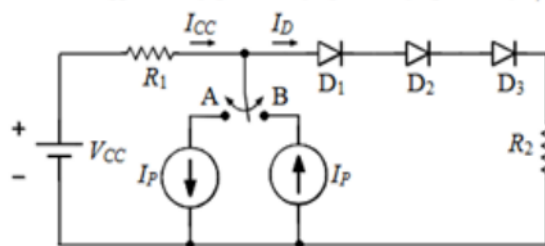


Figura 1.1

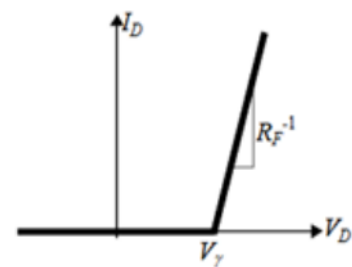


Figura 1.2

NOTA: Por un generador de corriente en circuito abierto no circula corriente.

$$a) V_{CC} = R_1 I_{CC} + 3V + I_D(R_2 + 3R_F) \Rightarrow V_{CC} - R_1 I_P = I_D(R_1 + R_2 + 3R_F) + 3V \dots$$

$$\dots I_D = (V_{CC} - R_1 I_P - 3V) / (R_1 + R_2 + 3R_F) = -8/5 + 3R_F < 0$$

Se puede deducir que  $I_D = 0$  porque los diodos están cortados

$$b) V_{CC} = R_1 I_{CC} + 3V + I_D(R_2 + 3R_F) \Rightarrow V_{CC} + R_1 I_P = I_D(R_1 + R_2 + 3R_F) + 3V \dots$$

$$\dots I_D = (V_{CC} + R_1 I_P - 3V) / (R_1 + R_2 + 3R_F) = 22/5 = 4.4 \text{ mA} > 0$$

$$c) I_D = (V_{CC} + R_1 I_P - 3V) / (R_1 + R_2 + 3R_F) = 22 / 5.03 = 4.37 \text{ mA} > 0$$

### 3.4. Ejercicio 4

4. Suponiendo que la característica  $I$ - $V$  de los diodos Zener  $Z_1$  y  $Z_2$  es la representada en la figura 1 y que la característica  $I$ - $V$  del diodo  $D_1$  es la de la figura 2, se pide, para el circuito de la figura 3:

- Calcular  $I_{D1}$  y  $V_{D1}$
- Sabiendo que el diodo  $Z_1$  está ON, deducir el estado de  $Z_2$
- Calcular  $I_{Z2}$

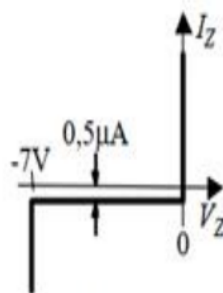


Figura 1

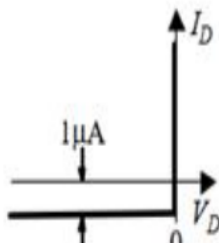


Figura 2

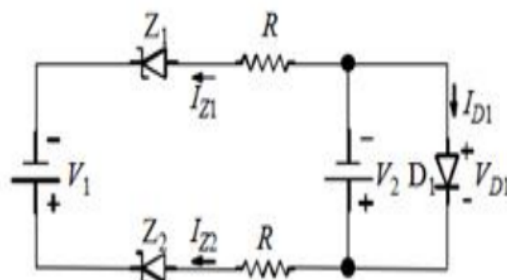


Figura 3

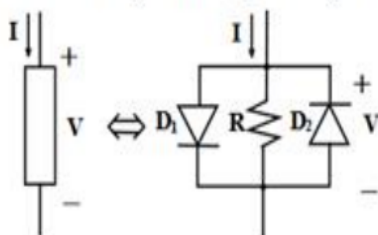
DATOS:  $R = 1,1 \text{ M}\Omega$ ;  $V_1 = 20 \text{ V}$ ;  $V_2 = 8 \text{ V}$

- $V_{D1} = -V_2 = -8\text{V} \Rightarrow D_1$  está apagado con  $I_{D1} = -1 \mu\text{A}$
- Kirchhoff  
 $V_1 = -V_{Z2} - I_{Z2} \cdot R + V_2 - I_{Z1} \cdot R + V_{Z1} \Rightarrow 12\text{V} = V_1 - V_2 = -V_{Z2} - 2 \cdot I_{Z2} \cdot R + V_{Z1}$   
Si  $Z_1$  está prendido,  $V_{Z1} = 0 \text{ V} \Rightarrow 12\text{V} - V_{Z2} - 2 \cdot I_{Z2} \cdot R \Rightarrow V_{Z2} + 2 \cdot I_{Z2} \cdot R = -12\text{V}$   
 $I_{Z2}$  y  $V_{Z2}$  son negativos  
 $V_{Z2} > -7\text{V}$ ,  $I_{Z2} = -0,5 \mu\text{A} \Rightarrow V_{Z2} + 2 \cdot I_{Z2} \cdot R > -7\text{V} - 1,1\text{V} = -8,1\text{V}$ ;  $Z_2$  está en  
disrupción  
c)  $Z_2$  en disrupción  $\Rightarrow V_{Z2} = -7\text{V} \Rightarrow 2 \cdot I_{Z2} \cdot R = -5\text{V} \Rightarrow I_{Z2} = -5/2,2 = -2,27 \mu\text{A}$

### 3.5. Ejercicio 5

5. El componente de dos terminales de la figura limita la tensión en bornas de la resistencia  $R$  mediante la acción de los diodos  $D_1$  y  $D_2$ .

- ¿Cuál es esa tensión límite en valor absoluto, si considera como primera aproximación el modelo lineal por tramos para los diodos?
- Obtenga y represente gráficamente la característica  $I$  -  $V$  del componente en estática, utilizando de nuevo el modelo lineal por tramos.
- Considerando como segundo nivel de aproximación el modelo de Shockley para los diodos, calcule el valor de la resistencia equivalente  $r_{EQ}$  del componente para pequeña señal en el punto de trabajo  $V_Q = 580 \text{ mV}$ .



DATOS:  $R = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $V_T = 25 \text{ mV}$

Parámetros de los diodos,

Modelo lineal por tramos:

$$V_f \neq 0, r_d = 0, V_Z \rightarrow \infty$$

Modelo de Shockley:

$$I_S = 2,1 \text{ pA}$$

$$\frac{1}{r_d} = g_d = \left. \frac{di_D}{dv_D} \right|_{v_D = V_Q}$$

NOTA: Para el cálculo de pequeña señal del apartado c) los efectos capacitivos de los diodos son despreciables.

a) Las tensiones  $V = V_{D1} = -V_{D2}$  no puede superar  $V_T$  por lo tanto  $|V|_{\max} = V_T$

b) Supongamos D1 prendido, entonces  $V_{D2} = -V_{D1} = -V_T < V_T$  por lo que el diodo D2 está apagado y  $V = V_T (e^{I_{D2}/I_S} = 0)$  mientras que  $I_{D1} = I - I_R > 0 \Rightarrow I = V_T / R$  y por simetría si D2 está prendido entonces D1 va a estar apagado y  $V = -V_T$  siempre y cuando cumpla con  $I < -V_T / R$ .

Para los demás valores de  $I \Rightarrow (|I| < V_T / R \text{ o } |V| < V_T)$  los diodos están apagados luego  $I = I_R = V/R$

$$\begin{cases} V = V_T & \text{si } I > \frac{V_T}{R} \\ I = \frac{V}{R} & \text{si } |I| < \frac{V_T}{R} \\ V = -V_T & \text{si } I < -\frac{V_T}{R} \end{cases}$$

c) Cómo  $i_D = I_S (e^{V_D/V_T} - 1) \Rightarrow 1/r_d = g_d = di_D/dV_D$  evaluado en  $V_0$  es igual a  $I_S/V_T e^{(V_D/V_T)}$  en directa y 0 en inversa.

Como para  $V_0 = 580\text{mV} = V_{D1} = V_{D2}$ , D1 está en directa y D2 en inversa y se tiene...

$$r_{d1} = V_T/I_S \cdot e^{(V_0/V_T)} = 1\Omega, r_{d2} = \infty \Rightarrow r_{EQ} = R/r_{d1} // r_{d2} = 1\Omega$$

## 4. Ejercicios de especificaciones del fabricante

### 4.1. Ejercicio 1

Determine el voltaje pico inverso repetitivo para cada uno de los diodos 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006.

### 4.2. Ejercicio 2

Si la corriente de polarización en directa es de 800 mA y el voltaje de polarización en directa es de 0.75V en un 1N005, ¿excede la potencia nominal=

### 4.3. Ejercicio 3

¿Cuál es  $I_{F(AV)}$  para un 1N4001 a temperatura ambiente de  $100^\circ\text{C}$ ?

### 4.4. Ejercicio 4

¿Cuál es  $I_{FSM}$  para un 1N4003 si el cambio súbito de corriente se repite 40 veces a 60 HZ?

## 5. Ejercicios con uso de computadora

- 1.-  
1N002 = 100V  
1N003 = 200V  
1N004 = 400V  
1N005 = 600V  
1N006 = 800 V

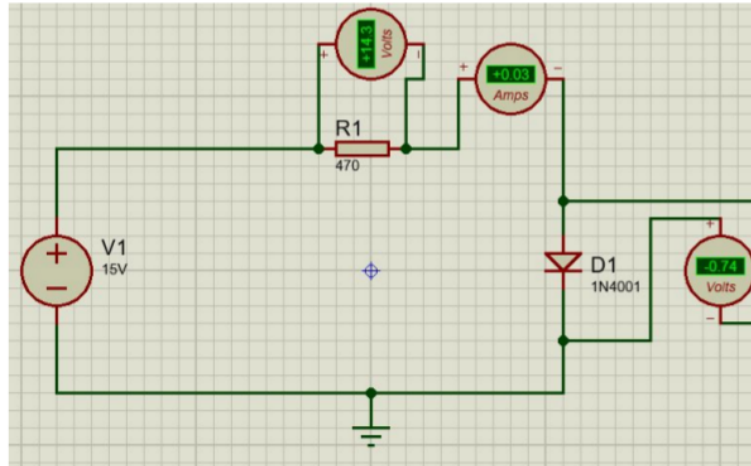
2.-  $(800\text{mA})(0.75\text{V}) = 0.6\text{ W}$  y la potencia máxima que soporta es 3W por lo tanto no lo excede.

3.- 1A

4.- 1A

### 5.1. Ejercicio 1

Comprobar resultados obtenidos en el problema 1 de diodos el inciso b), incluir captura de pantalla verificando y comparando los valores obtenidos.



### 5.2. Ejercicio 2

Comprobar resultados obtenidos en el problema 4 (diodo zener), incluir captura de pantalla verificando y comparando los valores obtenidos.

